



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 60 538 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:
G 01 F 1/692

⑦1 Aktenzeichen: 199 60 538.6
⑦2 Anmeldetag: 15. 12. 1999
⑦3 Offenlegungstag: 6. 7. 2000

(US 6349596)

DE 199 60 538 A 1

③0 Unionspriorität:
10-355978 15. 12. 1998 JP
⑦1 Anmelder:
Hitachi, Ltd., Tokio/Tokyo, JP; Hitachi Car
Engineering Co., Ltd., Hitachinaka, Ibaraki, JP
⑦4 Vertreter:
Beetz und Kollegen, 80538 München

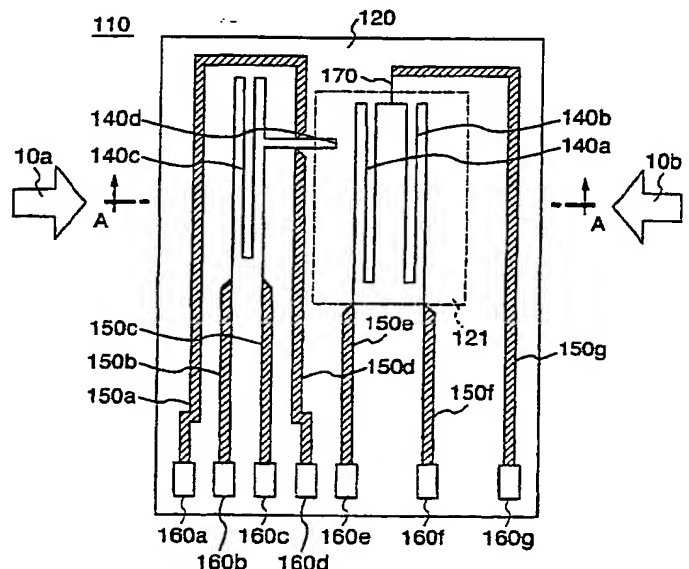
⑦2 Erfinder:
Nakada, Keiichi, Hitachinaka, JP; Watanabe, Izumi,
Hitachinaka, JP; Yoneda, Hiroshi, Hitachinaka, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Thermischer Luftdurchflußmengensensor

⑤7 Ein thermischer Luftdurchflußmengensensor, der eine Änderung seiner Eigenschaften, die durch Anhaftung oder Ablagerung von in der Ansaugluft enthaltenen Schmutzsubstanzen verursacht wird, korrigiert, um seine anfängliche Genauigkeit beizubehalten. Eine Luftdurchflußmenge wird durch einen Heizwiderstand (140a, 140b) und einen Temperaturmeßwiderstand (140c), die durch eine Halbleiter-Feinbemusterung gebildet sind, gemessen. Der Heizwiderstand (140a, 140b) und ein Teil (140d) des Temperaturmeßwiderstandes sind über einem Hohlraum (121) angeordnet, der durch eine teilweise Entfernung von Halbleitersubstrat definiert ist. Eine Spannung über dem über dem Hohlraum befindlichen Abschnitt (140d) des Temperaturmeßwiderstandes wird erfaßt, um einen Meßfehler der Ansaugluftdurchflußmenge unter Verwendung der erfaßten Spannung zu korrigieren.



DE 199 60 538 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen thermischen Luftdurchflußmengensensor zum Messen der Luftdurchflußmenge unter Verwendung eines Heizwiderstandes und insbesondere einen thermischen Luftdurchflußmengensensor, der zum Messen der Ansaugluftdurchflußmenge einer Brennkraftmaschine oder dergleichen geeignet ist.

Ein thermischer Luftdurchflußmengensensor wird als Sensor zum Messen der Durchflußmenge der durch eine Luftansaugleitung einer Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs oder dergleichen strömenden Ansaugluft verwendet. Ein solcher thermischer Luftdurchflußmengensensor kann den Massendurchsatz direkt erfassen.

In letzter Zeit hat ein thermischer Luftdurchflußmengensensor, der durch eine Halbleiter-Feinbemusterungstechnologie auf einem Halbleitersubstrat wie etwa Silicium (Si) oder dergleichen hergestellt wird, zunehmende Aufmerksamkeit erlangt, da er verhältnismäßig einfach und in einem Massenproduktionssystem herstellbar ist und mit niedriger Leistung betrieben werden kann.

In den Fig. 12A und 12B ist ein Grundprinzip des die herkömmliche Halbleitertechnologie verwendenden thermischen Luftdurchflußmengensensors gezeigt. Fig. 12A ist ein Schaltplan des thermischen Luftdurchflußmengensensors, während Fig. 12B eine Draufsicht des Entwurfs eines Heizwiderstandes Rh und eines Lufttemperatur-Meßwiderstandes Rc zum Messen der Luftdurchflußmenge ist.

Der Heizwiderstand Rh des gezeigten Beispiels arbeitet sowohl als Luftdurchflußmengen-Meßelement als auch als Heizeinrichtung. Andererseits wird der Lufttemperatur-Meßwiderstand Rc dazu verwendet, die Aufrechterhaltung einer Temperaturdifferenz zwischen dem Heizwiderstand und der Lufttemperatur zu regeln, wenn sich die Temperatur der Ansaugluft ändert. Diese Widerstände Rh und Rc sind aus temperaturempfindlichen Widerständen mit gemeinsamer Änderungsrichtung ihrer Widerstandswerte in Abhängigkeit von der Temperatur gebildet. Die Widerstandswerte des Heizwiderstandes Rh bzw. des Lufttemperatur-Meßwiderstandes Rc sind so gesetzt, daß durch den Heizwiderstand Rh ein großer Strom fließt, um Wärme zu erzeugen, daß jedoch durch den Lufttemperatur-Meßwiderstand Rc ein geringer Strom fließt, der keine Wärmeerzeugung verursacht. Der Heizwiderstand Rh und der Lufttemperatur-Meßwiderstand Rc bilden zusammen mit festen Widerständen R1 und R2 eine Brückenschaltung. Die Spannung zwischen den Widerständen Rh und R1 sowie die Spannung zwischen den Widerständen Rc und R2 werden in einen Operationsverstärker Op eingegeben, der den durch den Operationsverstärker Op, einen Transistor Tr und durch den Heizwiderstand Rh fließenden Heizstrom so regelt, daß die Temperaturdifferenz zwischen dem Heizwiderstand Rh und der vom Lufttemperatur-Meßwiderstand Rc erfaßten Lufttemperatur einen vorgegebenen Wert ΔT_h beibehält. Der Heizstrom wird zu einem der Luftdurchflußmenge entsprechenden Wert. Durch Umsetzen dieses Stroms in eine Spannung durch den Widerstand R1 wird die Luftdurchflußmenge erfaßt.

Wie in Fig. 12B gezeigt ist, werden der Heizwiderstand Rh und der Lufttemperatur-Meßwiderstand Rc bei der Herstellung mittels einer Halbleiterfeinbemusterung eines Halbleitersubstrats 300 über einem elektrisch isolierenden Film (elektrisch isolierende Schicht) auf dem Halbleitersubstrat 300 wie etwa einem Siliciumsubstrat (Si-Substrat) oder dergleichen gebildet. Unter dem Heizwiderstand Rh wird ein Teil des Halbleitersubstrats 300 entfernt, um einen Raum (Hohlraumabschnitt) 301 zu definieren, über dem der gesamte Heizwiderstand Rh über die elektrisch isolierende

Schicht angeordnet ist. Daher kann eine Abführung von Wärme des Heizwiderstandes Rh durch Wärmeübertragung an das Halbleitersubstrat 300 vermieden werden (so daß die Wärme im wesentlichen nur durch die Luftdurchflußmenge erfolgt). Andererseits muß der Lufttemperatur-Meßwiderstand Rc so wenig Wärme wie möglich erzeugen, um die Genauigkeit der Messung der Lufttemperatur zu verbessern. Daher ist der Lufttemperatur-Meßwiderstand Rc auf dem Halbleitersubstrat 300 außerhalb des Raums 301 angeordnet.

Die Fig. 13A und 13B sind Darstellungen des Prinzips eines weiteren Beispiels des herkömmlichen thermischen Luftdurchflußmengensensors.

In dem gezeigten Beispiel bilden ein Temperaturmeßwiderstand Rs, der durch den Heizwiderstand Rh erhitzt wird (wobei der Temperaturmeßwiderstand Rs ein Temperaturerfassungswiderstand ist, der die Wärme des Heizwiderstandes Rh erfaßt), ein Lufttemperatur-Meßwiderstand Rc und feste Widerstände R1 und R2 eine Brückenschaltung. Die Spannung zwischen den Widerständen Rs und R1 sowie die Spannung zwischen den Widerständen Rc und R2 werden in einen Operationsverstärker Op1 eingegeben, der den durch den Heizwiderstand Rh, die Brückenschaltung, den Operationsverstärker Op1 und den Transistor Tr fließenden Heizstrom in der Weise regelt, daß die Temperaturdifferenz zwischen dem Temperaturmeßwiderstand Rs, d. h. dem Heizwiderstand Rh, und der Lufttemperatur, d. h. dem Lufttemperatur-Meßwiderstand Rc, auf einem vorgegebenen Temperaturwert gehalten wird. Der so geregelte Heizwiderstand Rh erhitzt einen stromaufseitig vom Heizwiderstand Rh angeordneten Temperaturmeßwiderstand Ru und außerdem einen stromabseitig vom Heizwiderstand Rh angeordneten Temperaturmeßwiderstand Rd. Die Temperaturmeßwiderstände Ru und Rd bilden zusammen mit festen Widerständen R1' und R2' eine Brückenschaltung. Wenn eine Luftströmung erzeugt wird, wird eine Heizwertdifferenz zwischen den stromaufseitigen und stromabseitigen Temperaturmeßwiderständen Ru und Rd in Abhängigkeit von der Luftdurchflußmenge aufgrund ihrer räumlichen Beziehung kompensiert. Durch Erfassen der kompensierten Differenz durch einen Operationsverstärker Op2 kann die Luftdurchflußmenge erfaßt werden.

Auch bei einem solchen Sensortyp ist der Lufttemperatur-Meßwiderstand Rc, der für die Aufrechterhaltung der Temperaturdifferenz zwischen dem Heizwiderstand Rh und der Lufttemperatur auf einem vorgegebenen Wert verwendet wird, außerhalb des durch Entfernen eines Teils des Substrats 300 gebildeten Hohlraums 301 angeordnet. Andererseits sind der Heizwiderstand Rh und die Temperaturmeßwiderstände Rs, Ru und Rd, die durch den Heizwiderstand erhitzt werden sollen, über die elektrisch isolierende Schicht (den elektrisch isolierenden Film) über dem Hohlraumabschnitt 301 angeordnet.

Thermische Luftdurchflußmengensensoren, die das obenbeschriebene Prinzip verwenden, sind beispielsweise bekannt aus JP 2-259527-A, JP 4-320927-A, JP 6-273208-A, JP 6-50783-A, JP 8-14976-A, JP 10-160538-A und Tokuhyo Hei Nr. 10-500490-A.

In dem obenbeschriebenen Stand der Technik wird einem Fehler bei der Erfassung der Luftdurchflußmenge in dem Fall, in dem eine Schmutzsubstanz wie etwa in der Ansaugluft vorhandener Staub oder dergleichen an einer Oberfläche des thermischen Luftdurchflußmengensensors anhaftet oder sich ablagert, nicht ausreichend beachtet. Falls ein solcher thermischer Luftdurchflußmengensensor für eine verhältnismäßig lange Zeitperiode ununterbrochen verwendet wird, ist zu erwarten, daß die anfängliche Genauigkeit aus dem obengenannten Grund nicht aufrechterhalten werden kann.

Als Schmutzsubstanzen für den thermischen Luftdurchflußmengensensor, die möglicherweise in der Ansaugluft der Brennkraftmaschine enthalten sein könnten, können Si, Fe, Ca, Mg und Na, die in festen Teilchen, typischerweise Sandkörnern, enthalten sind, NaCl , MgCl_2 , CaCl_2 , die z. B. in Schneeschmelzmitteln wie etwa Streusalz enthalten sind, Motorschmieröl, das im Abgas enthalten ist, H_2O , C, das Imprägnierungslöl eines Luftfilters eines Luftreinigers des Naßtyps usw. gelten. Die obengenannten Substanzen können an der Oberfläche des thermischen Luftdurchflußmengensensors aufgrund der intermolekularen Anziehung, der Flüssigkeitsbrückenkräfte, der elektrostatischen Kräfte und zusammengesetzter Kräfte hiervon anhaften.

Sobald die Schmutzsubstanzen an der Oberfläche des thermischen Luftdurchflußmengensensors anhaften, kann sich die thermische Übertragung vom Heizwiderstand an die Umgebungsluft aufgrund der anhaftenden oder abgelagerten Substanzen ändern, wodurch die Meßgenauigkeit unzureichend wird. Ein solches Problem kann für unterschiedliche Typen thermischer Luftdurchflußmengensensoren, wie sie in den Fig. 12A, 12B und 13A, 13B gezeigt sind, auftreten.

Die Erfindung ist gemacht worden, um die obigen Probleme zu lösen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen thermischen Luftdurchflußmengensensor zu schaffen, der Änderungen der Eigenschaften des Sensors aufgrund des Anhaftens oder Ablagerns von in der Ansaugluft enthaltenen Schmutzsubstanzen korrigieren kann und somit die anfängliche Genauigkeit beibehalten kann.

Diese Aufgabe wird gelöst durch einen thermischen Luftdurchflußmengensensor nach Anspruch 1. Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Der erfindungsgemäße thermische Luftdurchflußmengensensor zum Messen der Luftdurchflußmenge unter Verwendung eines Heizwiderstandes und eines Temperaturmeßwiderstandes zum Messen der Lufttemperatur umfaßt in seiner Grundkonstruktion ein Halbleitersubstrat, wovon ein Teil entfernt ist, um im Substrat einen Hohlraum zu definieren, wobei der Heizwiderstand und ein Abschnitt des Temperaturmeßwiderstandes über eine elektrisch isolierende Schicht über dem Raum angeordnet sind, während der verbleibende Abschnitt des Temperaturmeßwiderstandes auf dem Halbleitersubstrat an einem von dem Hohlraum beabstandeten Ort ausgebildet ist, und eine Einrichtung zum Korrigieren eines Luftdurchflußmengen-Meßfehlers auf der Grundlage einer Spannung über dem über dem Hohlraum befindlichen Abschnitt des Temperaturmeßwiderstandes.

Der Widerstandswert des Temperaturmeßwiderstandes ist ausreichend größer als derjenige des Heizwiderstandes, so daß ein äußerst niedriger Strom fließt, um eine Wärmeerzeugung zu unterdrücken. Obwohl in dem Temperaturmeßwiderstand aufgrund des äußerst niedrigen Stroms nur eine geringe Wärmemenge erzeugt wird, wird diese Wärme, da der größte Teil des Temperaturmeßwiderstandes von dem durch Entfernen des Halbleitersubstrats definierten Hohlraum beabstandet ist, über die elektrisch isolierende Schicht an das Halbleitersubstrat übertragen. Somit erzeugt der Temperaturmeßwiderstand nur eine kleine Wärmemenge.

Da in der Erfindung ein Teil des Temperaturmeßwiderstandes über dem Hohlraum angeordnet ist, ist dieser Teil des Temperaturmeßwiderstandes durch den Hohlraum thermisch isoliert. Im Ergebnis ist die Wärmeübertragung an das Halbleitersubstrat von diesem Abschnitt gering, so daß sich das Halbleitersubstrat nicht durch Selbsterwärmung erwärmt. Die Selbsterwärmung wird in der vollständig gleichen Weise wie die Erwärmung im Heizwiderstand hervorgerufen, wenn von dem Wert des Stroms abgesehen wird.

Da andererseits der Temperaturmeßwiderstand mit der Ansaugluft in der vollständig gleichen Weise wie der Heizwiderstand in Kontakt ist, kann sich eine Schmutzsubstanz in ähnlicher Weise wie auf dem Heizwiderstand ablagern. Daher wird durch Ablagern der Schmutzsubstanz eine Änderung der Wärmeleitung und der Wärmeübertragung in ähnlicher Weise wie beim Heizwiderstand hervorgerufen.

Wenn das Selbsterwärmungsvermögen für den Teil des Temperaturmeßwiderstandes wie oben erwähnt vorhanden ist, wird, wenn die Wärmeleitfähigkeit und die Wärmeübertragung durch Ablagern von Schmutzsubstanzen auf dem Temperaturmeßwiderstand wie oben erwähnt geändert werden, eine Spannungsänderung in Verbindung mit der Änderung der Eigenschaften, die durch die Änderung der Erwärmungsbedingung und somit eine Änderung der Widerstandseigenschaften hervorgerufen wird, bewirkt, selbst wenn an den Temperaturmeßwiderstand eine gegebene Spannung angelegt wird. Wenn daher die Spannung (Potentialdifferenz) des Abschnitts des Temperaturheizwiderstandes, in dem das Erwärmungsvermögen vorhanden ist, erfaßt wird, können die Änderung der Eigenschaften des Heizwiderstandes, die durch die Ablagerung von Schmutzsubstanzen bedingt ist, indirekt erfaßt und der erfaßte Wert der Luftdurchflußmenge unter Verwendung dieser erfaßten Spannung korrigiert werden.

Es wird darauf hingewiesen, daß für den Temperaturmeßwiderstand, der für die Steuerung der Aufrechterhaltung einer Temperaturdifferenz zwischen dem Heizwiderstand und der Lufttemperatur verwendet wird, eigentlich bevorzugt wird, das Erwärmungsvermögen zu begrenzen. Wenn jedoch das Erwärmungsvermögen nur für den Abschnitt des Temperaturmeßwiderstandes wie in dieser Erfindung vorhanden ist, wird auf die Genauigkeit der Luftdurchflußmengenmessung nur ein geringer Einfluß ausgeübt. Durch Korrigieren des Meßfehlers in Verbindung mit der Änderung der Eigenschaften des Heizwiderstandes, die durch die Ablagerung von Schmutzsubstanzen bedingt ist, trägt das Erwärmungsvermögen eher zur Verbesserung der Genauigkeit der Messung der Luftdurchflußmenge bei.

Es wird darauf hingewiesen, daß aus JP 8-14976-A eine beispielhafte Technik zur Erwärmung des Temperaturmeßwiderstandes bekannt ist. Dieser Stand der Technik bezieht sich jedoch auf die Verbesserung des Ansprechverhaltens des thermischen Luftdurchflußmengensensors und erwärmt den gesamten Temperaturmeßwiderstand. Die Erfindung unterscheidet sich von dieser bekannten Technik aus JP 8-14976-A dadurch, daß der gesamte Temperaturheizwiderstand erwärmt wird und ein Teil der Spannung des Temperaturmeßwiderstandes (Spannung des Widerstandsabschnitts des Temperaturmeßwiderstandes, der zum Teil über dem Hohlraum des Halbleitersubstrats angeordnet ist) für die Korrektur des Meßfehlers verwendet wird.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden deutlich beim Lesen der folgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen, die auf die Zeichnung Bezug nimmt; es zeigen:

Fig. 1 eine Draufsicht eines Elements gemäß einer ersten Ausführungsform des Luftdurchflußmengensensors der Erfindung;

Fig. 2 eine Schnittansicht des Elements nach Fig. 1 längs der Linie A-A in Fig. 1;

Fig. 3 eine Teildraufsicht der ersten Ausführungsform des thermischen Luftdurchflußmengensensor-Moduls;

Fig. 4 eine Schnittansicht des Moduls nach Fig. 3 längs der Linie B-B in Fig. 3;

Fig. 5 eine Schnittansicht des thermischen Luftdurchflußmengensensor-Moduls, das in einer Luftdurchflußleitung angebracht ist;

Fig. 6 einen Schaltplan einer Treiberschaltung des thermischen Luftdurchflußmengensensors der Erfindung;

Fig. 7 einen Graphen zur Erläuterung des Meßfehlers aufgrund der Ablagerung von Schmutzsubstanzen;

Fig. 8 einen Blockschaltplan zur Erläuterung eines Meßfehler-Korrekturverfahrens der Erfindung;

Fig. 9 einen Blockschaltplan zur Erläuterung eines weiteren Korrekturverfahrens der Erfindung;

Fig. 10 eine Draufsicht eines Elements gemäß einer zweiten Ausführungsform des thermischen Luftdurchflußmengensensors der Erfindung;

Fig. 11 eine Schnittansicht längs der Linie A-A in Fig. 10;

Fig. 12A, B die bereits erwähnten Darstellungen zur Erläuterung eines Grundprinzips eines thermischen Luftdurchflußmengensensors; und

Fig. 13A, B die bereits erwähnten erläuternden Darstellungen eines weiteren Grundprinzips eines thermischen Luftdurchflußmengensensors.

In der folgenden Beschreibung werden zahlreiche spezifische Einzelheiten angegeben, um ein vollständiges Verständnis der Erfindung zu ermöglichen. Es ist jedoch offensichtlich, daß Fachleute in der Lage sind, die Erfindung ohne diese spezifischen Einzelheiten auszuführen. Andererseits sind wohlbekannte Strukturen nicht im einzelnen gezeigt, um die Darstellung der Erfindung nicht unnötig zu überladen.

Fig. 1 ist auf die erste Ausführungsform des erfindungsgemäßen thermischen Luftdurchflußmengensensors gerichtet und ist eine Draufsicht, die insbesondere einen Erfassungsabschnitt (abhängiges Element) 110 zeigt, während Fig. 2 eine Schnittansicht längs der Linie A-A von Fig. 1 ist.

Von den in einem thermischen Luftdurchflußmengensensorelement 110 dieser Ausführungsform verwendeten Elementen entsprechen die Widerstände 140a und 140b dem Heizwiderstand Rh, der in den Fig. 12A, 12B und 13 erwähnt wird. Um in der gezeigten Ausführungsform zusätzlich die Richtung der Luftströmung in bezug auf die Richtung einer normalen Luftströmung 10a in der Luftansaugleitung einer Brennkraftmaschine zu erfassen, ist der thermische Luftdurchflußmengensensor in einen stromaufseitigen Heizwiderstand 140a und einen stromabseitigen Heizwiderstand 140b unterteilt, die in Serie geschaltet sind. Die Spannung zwischen den Widerständen 140a und 140b wird über einen Leitungsdraht 150e, einen Anschluß 160e, einen Leitungsdraht 150f sowie einen Anschluß 160f herausgeführt. Das Prinzip der Erfassung der Richtung unter Verwendung des stromaufseitigen Heizwiderstands 140a und des stromabseitigen Heizwiderstands 140b wird später erläutert.

Die Widerstände 140c und 140d entsprechen einem Lufttemperatur-Meßwiderstand (Temperaturerfassungs-widerstand) Rc, der bereits in den Fig. 12 und 13 erwähnt worden ist.

Wie in Fig. 2 gezeigt ist, ist auf einem monokristallinen Siliciumsubstrat (Halbleitersubstrat) 120 eine elektrisch isolierende Schicht (ein elektrisch isolierender Film) 130 gebildet. Auf der elektrisch isolierenden Schicht 130 sind der stromaufseitige Heizwiderstand 140a, der stromabseitige Heizwiderstand 140b und der Lufttemperatur-Meßwiderstand 140c (einschließlich 140d) ausgebildet.

Der stromaufseitige Heizwiderstand 140a ist in bezug auf die Richtung der Ansaugluftströmung 10a stromaufseitig angeordnet, während der stromabseitige Heizwiderstand 140b in Strömungsrichtung der Ansaugluftströmung 10a hinter dem stromaufseitigen Heizwiderstand 140a angeordnet ist. Der Lufttemperatur-Meßwiderstand 140c ist so beschaffen, daß er die Temperatur der Ansaugluft mißt.

Jeder dieser Widerstände ist aus einem Material hergestellt, für das Phosphor-Fremdatome in polykristallines Sili-

cium diffundiert sind.

Der stromaufseitige Heizwiderstand 140a und der stromabseitige Heizwiderstand 140b sind über die elektrisch isolierende Schicht 130 auf dem monokristallinen Substrat 120 über einem Hohlraumabschnitt 121 durch eine Feinbemusterungstechnologie in Form eines Films gebildet. Andererseits ist ein Teil 140d des Lufttemperatur-Meßwiderstandes 140c herausgeführt und über dem Hohlraumabschnitt 121 über der elektrisch isolierenden Schicht 130 vorhanden. Der verbleibende Abschnitt des Lufttemperatur-Meßwiderstandes 140c ist auf dem monokristallinen Siliciumsubstrat 120 an einem vom Hohlraumabschnitt 121 beabstandeten Ort ausgebildet, so daß er durch die Wärme von den Heizwiderständen 140a und 140b im wesentlichen nicht beeinflusst wird.

An einem Endabschnitt des Elements 110 (Endabschnitt des Substrats 120) sind Anschlußelektroden 160a bis 160g ausgebildet.

Wie erwähnt, ist ein Ende des stromaufseitigen Heizwiderstandes 140a mit der Anschlußelektrode 160e über einen Leitungsdraht 150e verbunden, während ein Ende des stromabseitigen Heizwiderstandes 140b mit der Anschlußelektrode 160f über einen Leitungsdraht 150f verbunden ist. Eine Verbindungsstelle zwischen dem stromaufseitigen Heizwiderstand 140a und dem stromabseitigen Heizwiderstand 140b ist mit der Anschlußelektrode 160g über den Leitungsdraht 150g verbunden.

Die beiden Enden des Lufttemperatur-Meßwiderstandes 140c sind mit den Anschlußelektroden 160b und 160c über Leitungsdrähte 150b bzw. 150c verbunden. Andererseits sind Leitungsdrähte 150a und 150d für die Erfassung einer Spannung (Potentialdifferenz) des Teils 140d des Lufttemperatur-Meßwiderstandes 140d mit den Anschlußelektroden 160a und 160d verbunden.

Das Substrat 120, auf dem die genannten Widerstände, Leitungsdrähte und Anschlußelektroden vorgesehen sind, ist mit Ausnahme derjenigen Abschnitte, an denen die Anschlußelektroden 160a bis 160d gebildet sind, mit einer Schutzschicht 180 bedeckt.

Die tatsächliche Größe des Elements 110 hat in der gezeigten Ausführungsform Abmessungen von ungefähr 2 mm für die kürzere Kante und von ungefähr 6 mm für die längere Kante.

Auf dem monokristallinen Siliciumsubstrat 120 sind eine Siliciumdioxidschicht (SiO_2 -Schicht) 130a und eine Siliciumnitrid-Schicht (Si_3N_4 -Schicht) 130b, die als elektrisch isolierende Schicht 130 dienen, übereinandergestapelt. Da die Siliciumdioxidschicht 130a einen viel kleineren Wärmeausdehnungskoeffizienten als das monokristalline Siliciumsubstrat 120 besitzt, etwa in der Größenordnung eines Zehntels, kann durch Ausbilden der Siliciumnitridschicht 130b mit einem etwas größeren Wärmeausdehnungskoeffizienten als das monokristalline Siliciumsubstrat 120 und größerer mechanischer Festigkeit die thermische Beanspruchung zwischen dem monokristallinen Siliciumsubstrat 120 und der elektrisch isolierenden Schicht 130 verringert werden, ferner kann die Festigkeit verbessert werden.

Auf der Siliciumnitridschicht 130b sind Widerstände 140a, 140b, 140c und 140d sowie Leitungsdrähte 150a bis 150e aus einem Material gebildet, für das Phosphor-Fremdatome (P-Fremdatome) mit hoher Konzentration in das polykristalline Silicium diffundiert sind.

Über den Widerständen 140a, 140b, 140c und 140d und Leitungsdrähten 150a bis 150g ist die Schutzschicht aus der Stapelstruktur aus einer Siliciumnitridschicht 180b und einer Siliciumdioxidschicht 180a gebildet. Die Schutzschicht 180 schützt die Widerstände 140a, 140b, 140c und 140d vor Öl, Wasser, Schmutzsubstanzen und dergleichen, die in der

Ansaugluft enthalten sein können.

In dem im wesentlichen in der Mitte befindlichen Abschnitt des monokristallinen Siliciumsubstrats 120 sind Anbringungsabschnitte für die Heizwiderstände 140a und 140b angeordnet. In einem Bereich unterhalb der Heizwiderstand-Anbringungsabschnitte ist der Hohlraum 121 als Abschnitt ausgebildet, aus dem ein Teil des Substratmaterials entfernt ist.

Der Hohlraumabschnitt 121 ist durch Entfernen des monokristallinen Siliciumsubstrats 120 durch anisotropes Ätzen bis zu einer Grenzfläche mit der elektrisch isolierenden Schicht 130 gebildet. Durch Bilden des Hohlraumabschnitts 121 wird eine Struktur geschaffen, in der die Heizwiderstände 140a und 140b durch die elektrisch isolierende Schicht 130 und die Schutzschicht 180 unterstützt sind. Im Ergebnis sind die Heizwiderstände 140a und 140b thermisch isoliert. Daher zeigt die Konstruktion im Vergleich zu dem Fall, in dem der Hohlraumabschnitt 121 nicht vorhanden ist, eine bessere thermische Isolation der Heizwiderstände 140a und 140b, wodurch die Ansprechgeschwindigkeit des thermischen Luftdurchflußmengensensors verbessert wird.

Nun wird mit Bezug auf die Fig. 1 und 2 ein Herstellungsprozeß der gezeigten Ausführungsform des Elements 110 erläutert.

Auf dem monokristallinen Siliciumsubstrat wird, nachdem die Siliciumdioxidschicht 130a mit einer Dicke von ungefähr 0,4 µm durch thermische Oxidation oder ein CVD-Verfahren (chemische Abscheidung aus der Dampfphase) gebildet worden ist, die Siliciumnitridschicht 130b mit einer Dicke von ungefähr 0,2 µm durch ein CVD-Verfahren oder ein anderes Verfahren gebildet.

Dann werden als jeweilige Widerstände 140a, 140b, 140c und 140d Verbindungsleitungen (Leitungsdrähte) 150a bis 150g polykristalline Siliciumschichten mit einer Dicke von ungefähr 1 µm durch ein CVD-Verfahren gebildet, woraufhin Phosphor-Fremdatome in die polykristallinen Siliciumschichten durch thermische Diffusion oder Ionenimplantation diffundiert werden. Danach wird durch eine photolithographische Technik zum Bemustern des Halbleiterfilms mittels einer Ionenätzung oder dergleichen ein Resistfilm mit vorgegebener Form gebildet, um Widerstände 140a, 140b, 140c und 140d sowie die Verbindungsleitungen 150a bis 150g zu bilden.

Anschließend wird als Schutzschicht 180 die Siliciumnitridschicht 180b mit einer Dicke von 0,2 µm durch ein CVD-Verfahren oder ein anderes Verfahren gebildet. Danach wird die Siliciumdioxidschicht 180a mit einer Dicke von 0,4 µm durch ein CVD-Verfahren oder ein anderes Verfahren gebildet. Durch Entfernen des über den Anschlußelektroden 160a bis 160g befindlichen Abschnitts der Schutzschicht 180 mittels Ätzung werden Anschlußelektroden 160a bis 160g aus Aluminium gebildet.

Schließlich wird von der hinteren Oberfläche des monokristallinen Siliciumsubstrats 120 eine anisotrope Ätzung ausgeführt, wobei Siliciumnitrid als Maske verwendet wird, um den Hohlraumabschnitt 121 zu bilden. Anschließend wird durch Zerschneiden das Element 110 des thermischen Luftdurchflußmengensensors erhalten.

Nun wird mit Bezug auf die Fig. 3 bis 5 die Konstruktion des thermischen Luftdurchflußmengensensors, das das Element mit der obenbeschriebenen Konstruktion umfaßt, erläutert.

Fig. 3 ist eine Draufsicht eines Teils eines thermischen Luftdurchflußmengensensor-Moduls mit dem Element 110, während Fig. 4 eine Schnittansicht längs der Linie B-B in Fig. 3 ist und Fig. 5 eine Darstellung eines Zustandes ist, in dem das Sensormodul in einer Luftansaugleitung 240 ange-

bracht ist.

Wie in Fig. 3 gezeigt ist, sind das Element 110 und eine Signalverarbeitungsschaltung 210 an einem Träger 200 befestigt. Mit mehreren Anschlußelektroden 230 der Signalverarbeitungsschaltung 210 sind durch Bonden mit Golddraht oder dergleichen mehrere Anschlußelektroden 160a bis 160g, die im folgenden mit dem allgemeinen Bezugszeichen 160 bezeichnet sind, verbunden. Die Signalverarbeitungsschaltung 210 ist auf einem elektrisch isolierenden Substrat wie etwa Aluminiumoxid oder dergleichen gebildet.

Wie in Fig. 4 gezeigt ist, ist das Element 110 auf einem Träger 200 angebracht. Ein offenes Ende des Hohlraumabschnitts 121 ist so angeordnet, daß es zum Trägers 200 mündet.

Wie in Fig. 5 gezeigt ist, ist der Träger 200, auf dem das Element 110 befestigt ist, in einer Hilfsansaugleitung 250 in der Luftansaugleitung 240 angeordnet.

Nun wird das Prinzip der Erfassung der Luftdurchflußmenge mittels des Luftdurchflußmengensensors 110 mit Bezug auf Fig. 6 erläutert.

Der stromaufseitige Heizwiderstand 140a, der stromabseitige Heizwiderstand 140b, der Lufttemperatur-Meßwiderstand 140c und ein Teil 140d des Lufttemperatur-Meßwiderstandes bilden zusammen mit den festen Widerständen R1 und R2 eine Brückenschaltung. Die Differenz zwischen den Heizwerten des stromaufseitigen Heizwiderstandes 140a und des stromabseitigen Heizwiderstandes 140b wird in Abhängigkeit von der Luftdurchflußmenge kompensiert. Der Heizstrom für den stromaufseitigen Heizwiderstand 140a und für den stromabseitigen Heizwiderstand 140b wird jedoch durch den Operationsverstärker Op und den Transistor Tr so geregelt, daß die Temperaturen auf einem Wert gehalten werden können, der um eine gegebene Temperaturdifferenz ΔT_h (z. B. 150°C) höher als derjenige der Ansauglufttemperatur ist, der von dem Lufttemperatur-Meßwiderstand 140c erfaßt wird. Da die Ansaugluftdurchflußmenge zu der kompensierten Heizwertdifferenz der Heizwiderstände 140a und 140b proportional ist, entspricht der Wert des durch die Heizwiderstände 140a und 140b fließenden Stroms der Luftdurchflußmenge. Dieser Strom wird durch den Widerstand R1 in eine Spannung umgesetzt und ausgegeben.

Nun wird das Prinzip der Richtungserfassung in der gezeigten Ausführungsform des thermischen Luftdurchflußmengensensors 100 mit Bezug auf die Fig. 5 und 6 erläutert.

Wenn die Luftdurchflußmenge null ist, wird zwischen dem stromaufseitigen Heizwiderstand 140a und dem stromabseitigen Heizwiderstand 140b keine Temperaturdifferenz erzeugt. Wenn jedoch die Ansaugluftmenge strömt, wird der stromaufseitige Heizwiderstand 140a durch die Ansaugluft 10a stärker gekühlt als der stromabseitige Heizwiderstand 140b. Der stromaufseitige Heizwiderstand 140a und der stromabseitige Heizwiderstand 140b sind in Serie geschaltet, so daß durch sie der gleiche Heizstrom fließt. Da folglich die zugeführte Wärmemenge für beide Widerstände konstant ist, ist die Temperatur des stromaufseitigen Heizwiderstandes 140a niedriger als die Temperatur des stromabseitigen Heizwiderstandes 140b. Wenn jedoch die Strömungsrichtung der Ansaugluft umgekehrt wird, ist die Kühlwirkung entgegengesetzt, so daß der stromabseitige Heizwiderstand 140b stärker als der stromaufseitige Heizwiderstand 140a gekühlt wird. Dann ist die Temperatur des stromabseitigen Heizwiderstandes 140b niedriger als diejenige des stromaufseitigen Heizwiderstandes 140a. Durch Vergleichen der beiden Klemmenspannungen des stromaufseitigen Heizwiderstandes 140a und des stromabseitigen Heizwiderstandes 140b durch einen Operationsverstärker Op3, was einem

Temperaturvergleich der beiden Widerstände entspricht, kann die Strömungsrichtung der Ansaugluft erfaßt werden.

Wenn der thermische Luftdurchflußmengensensor in der Ansaugluftleitung einer Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs oder dergleichen installiert ist, strömt die Luft normalerweise von einem Luftreiniger zur Brennkraftmaschine 10a. Unter bestimmten Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine tritt jedoch gelegentlich eine entgegengesetzte Luftströmung von der Brennkraftmaschine zum Luftreiniger (Pumpströmung 10b) auf. Daher ist die Richtungserfassungsfunktion ein wichtiges Merkmal.

Nun wird ein Verfahren zur Korrektur der Änderung von Eigenschaften bei einem Anhaften oder Ablagern von Schmutzsubstanzen auf der Oberfläche des thermischen Luftdurchflußmengensensors beschrieben.

Die Ansaugluft, die sich durch den thermischen Luftdurchflußmengensensor 100 bewegt, bewegt sich zunächst durch den Luftreiniger, mit dem in der Ansaugluft enthaltene Schmutzsubstanzen entfernt werden sollen. Es ist jedoch nicht möglich, mit dem Luftreiniger die Schmutzsubstanzen vollständig zu entfernen. Somit kann die Ansaugluft der Brennkraftmaschine Si, Fe, Ca, Mg und Na, die in festen Partikeln, typischerweise in Sandkörnern, enthalten sind, NaCl, MgCl₂, CaCl₂, die in einem Schneesmelzmittel wie etwa Streusalz enthalten sind, Motorschmieröl, das in Abgasen enthalten sind, H₂O, C, das Imprägnierungsöl eines Luftfilters in einem Luftreiniger des Naßtyps und dergleichen enthalten.

Da das thermische Luftdurchflußmengensensorelement 110 mit der diese Schmutzsubstanzen enthaltende Ansaugluft in direktem Kontakt ist, kann die Schmutzsubstanz auf der Oberfläche des thermischen Luftdurchflußmengensensorelements während einer langen Nutzungsperiode anhaften oder sich ablagern.

Wenn Schmutzsubstanzen auf dem thermischen Luftdurchflußmengensensorelement 110 anhaften oder sich ablagern, wird sich eine Ausgangsspannung relativ zur Luftdurchflußmenge aufgrund eines Fehlers, der durch das Anhaften oder Ablagern der Schmutzsubstanzen verursacht wird, zur negativen Seite verschieben. Der Grund hierfür besteht darin, daß, wenn die Heizwerte der Heizwiderstände 140a und 140b vor der Ablagerung von Schmutzsubstanzen zunächst an die Schutzschicht 180 und dann an die Luft übertragen werden, die Heizwerte nach der Ablagerung von Schmutzsubstanzen zunächst an die Schutzschicht 180, anschließend an die abgelagerte Schmutzsubstanzen-schicht und erst danach an die Luft übertragen werden. Somit ist die Temperatur der äußersten Oberfläche, die mit der Luft in Kontakt ist, um einen Betrag erniedrigt, der dem an die abgelagerte Schmutzsubstanzen-schicht übertragenen Heizwert entspricht, so daß der durch den Heizwiderstand fließende Strom bei gleicher Luftdurchflußmenge abnimmt. Mit anderen Worten, die Empfindlichkeit des Wärmeaustausches zwischen der durchströmenden Luft und dem Heizwiderstand wird verringert.

Durch Anordnen eines Teils 140d des Lufttemperatur-Meßwiderstandes 140c über der Isolierschicht 130 (in Fig. 2 die mit dem Bezugszeichen '130' bezeichnete Membran) über dem Hohlraumabschnitt 121 und durch Erfassen der Potentialänderung (Spannungsänderung) an beiden Enden des Lufttemperatur-Meßwiderstandes 140d kann erfindungsgemäß die Korrektur der Änderung der Eigenschaften ausgeführt werden.

Wie in Fig. 2 gezeigt ist, ist der Lufttemperatur-Meßwiderstand 140c außerhalb der Membran 130 angeordnet, während ein Teil 140d hiervon zusammen mit den Heizwiderständen 140a und 140b eine Brückenschaltung bildet, wie in Fig. 6 gezeigt ist.

Da der Widerstandswert des Lufttemperatur-Meßwiderstandes 140c ungefähr zwanzigmal so groß wie die jeweiligen Widerstandswerte der Heizwiderstände 140a und 140b ist, beträgt die Größe des durch den Lufttemperatur-Meßwiderstand 140c fließenden Stroms ungefähr ein Zwanzigstel des durch die Heizwiderstände 140a und 140b fließenden Stroms. Somit kann der Lufttemperatur-Meßwiderstand 140c nur eine geringe Wärmemenge erzeugen. Ein Teil 140d des Lufttemperatur-Meßwiderstands, der über die elektrisch isolierende Schicht (elektrisch isolierender Film) über dem Hohlraumabschnitt 121 angeordnet ist, ist jedoch durch den Hohlraumabschnitt thermisch isoliert, so daß seine Wärme im wesentlichen nicht an das monokristalline Siliciumsubstrat 120 übertragen wird. Dadurch kann sich der Teil 140d geringfügig selbst erwärmen. Die Selbsterwärmung wird mit Ausnahme des Wertes des Stroms durch denselben Mechanismus wie bei der Erwärmung der Heizwiderstände 140a und 140b erzeugt. Da außerdem der Teil 140d des Lufttemperatur-Meßwiderstands 140c mit der Ansaugluft in der vollständig gleichen Weise wie die Heizwiderstände 140a und 140b in Kontakt ist, erfolgt eine ähnliche Anhaftung oder Ablagerung von Schmutzsubstanzen wie auf den Heizwiderständen 140a und 140b. Aufgrund der Ablagerung von Schmutzsubstanzen kann der Teil 140d des Lufttemperatur-Meßwiderstandes 140c somit eine Änderung der Wärmeleitung und der Wärmeübertragung in ähnlicher Weise wie bei den Heizwiderständen 140a und 140b hervorrufen. Hierbei sind, wie in Fig. 1 gezeigt ist, beide Enden des Paares 140d des Lufttemperatur-Meßwiderstands 140c über Leitungsdrähte 150a bzw. 150d mit Elektroden 160a bzw. 160d verbunden. Durch Messen der Potentialdifferenz V_r wird somit eine Änderung der Spannung, die mit einer Änderung der Eigenschaften aufgrund einer Ablagerung von Schmutzsubstanzen einhergeht, verursacht.

In Fig. 8 ist ein Blockschaltplan zur Erläuterung eines arithmetischen Algorithmus gemäß einem ersten Korrekturverfahren unter der Steuerung eines Mikrocomputers, der die Spannung (Potentialdifferenz) V_r als Eingangssignal verwendet, gezeigt.

Das Potential V_r , das zwischen den Elektroden 160a und 160b (des Lufttemperatur-Meßwiderstandes 140c) vorhanden ist, und eine Spannung V_s zwischen den Elektroden 160c und 160d sowie ein Strom I_r werden als Eingangsparameter verwendet. Der Strom I_r wird aus dem Widerstand R2 und der Spannung V_3 abgeleitet. Anhand der Größen V_r , V_s und I_r wird die folgende Berechnung ausgeführt:

$$R_a = \frac{V_r - V_s}{I_r} \quad (1)$$

Durch Subtrahieren des Potentials V_s des Teils 140d des auf dem Hohlraumabschnitt (Membran) 121 befindlichen externen Lufttemperatur-Meßwiderstandes vom Potential V_r des Teils des Widerstandes 140c wird die Komponente der Widerstandsänderung, die durch die Änderung der Ansauglufttemperatur bedingt ist, entfernt, so daß nur die Komponente der Widerstandsänderung, die mit einer Änderung des Heizzustandes aufgrund einer Ablagerung von Schmutzsubstanzen einhergeht (Änderung des Heizzustandes in Verbindung mit einer Änderung der Wärmeleitung und der Wärmeübertragung der vom Teil 140d des Widerstandes 140c erzeugten Wärme) berücksichtigt wird. Durch Berechnen von V_2 mit einem aus R_a abgeleiteten Koeffizienten α_1 kann die folgende Gleichung (2) für die Korrektur einer Änderung der Wärmeleitung und der Wärmeübertragung aufgrund einer Ablagerung von Schmutzsubstanzen wie in Fig. 7 gezeigt erhalten werden:

$$V_0 = \alpha_1 \times A \times V_2 + B \quad (2)$$

wobei A und B Koeffizienten sind.

Nun wird mit Bezug auf Fig. 9 ein arithmetischer Algorithmus eines zweiten Korrekturverfahrens unter der Steuerung eines Mikrocomputers, der die Potentialdifferenz V_r als Eingangsparameter verwendet, erläutert. Das erläuterte Korrekturverfahren ist ein Verfahren zum gemeinsamen Korrigieren der Änderung der Eigenschaften aufgrund der Ablagerung von Schmutzsubstanzen und der Änderung der Eigenschaften aufgrund von Temperaturänderungen der Ansaugluft.

Das Potential V_r und der Strom I_r zwischen den Elektroden 160a und 160d werden berechnet. Hierbei wird der Strom I_r aus dem Wert des Widerstandes R2 und aus dem Potential V3 über dem Widerstand R2 abgeleitet. Auf der Grundlage von V_r und I_r wird ein Widerstand des Teils 140d des Lufttemperatur-Meßwiderstandes 140c anhand der folgenden Gleichung (3) abgeleitet:

$$R = \frac{V_r}{I_r} \quad (3)$$

Hierbei R ist durch die folgende Gleichung (4) gegeben:

$$R = R_a + R_t \quad (4)$$

wobei R_a die Komponente der Widerstandsänderung des Heizwiderstandes aufgrund der Ablagerung von Schmutzsubstanzen ist und R_t eine Komponente der Veränderung des Widerstandes aufgrund der Temperaturänderung der Ansaugluft ist. Durch Berechnen von V2 mit α_2 , d. h. mit einem Koeffizienten, der aus R abgeleitet wird, kann die folgende Gleichung (5), in der die Änderung der Wärmeleitung und der Wärmeübertragung aufgrund der Ablagerung von Schmutzsubstanzen korrigiert ist, erhalten werden:

$$V_0 = \alpha_2 \times A \times V_2 + B \quad (5)$$

wobei A und B Koeffizienten sind.

Es wird darauf hingewiesen, daß, obwohl in der gezeigten Ausführungsform die Isolierschicht über dem Hohlraumabschnitt 121 durch eine Membran gebildet ist und die Heizwiderstände 140a und 140b sowie der Teil 140d des Lufttemperatur-Meßwiderstandes 140c auf der Isolierschicht 130' gebildet sind, es auch möglich ist, die Isolierschicht über dem Hohlraumabschnitt 121 anstelle der Membran als Brücke auszubilden und die Heizwiderstände sowie einen Teil des Lufttemperatur-Meßwiderstandes auf der Isolierschicht auszubilden.

Nun wird mit Bezug auf die Fig. 10 und 11 eine Struktur des thermischen Luftdurchflußmengensensors gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung beschrieben. Fig. 10 ist eine Draufsicht des thermischen Luftdurchflußsensorelements 110, das in der gezeigten Ausführungsform verwendet wird, während Fig. 11 eine Schnittansicht längs der Linie C-C in Fig. 10 ist.

Das Element 110 der gezeigten Ausführungsform wird ähnlich wie in der obenbeschriebenen ersten Ausführungsform hergestellt durch Bilden der elektrisch isolierenden Schicht 130 auf dem monokristallinen Siliciumsubstrat und des stromaufseitigen Heizwiderstandes 140a, des stromabseitigen Heizwiderstandes 140b, der Lufttemperatur-Meßwiderstände 140c und 140d. Ein von der ersten Ausführungsform abweichender Aspekt besteht darin, daß die Lufttemperatur-Meßwiderstände 140c und 140d in mehrere Teile (hier zwei) unterteilt sind. Diese Teile des Lufttemperatur-Meßwiderstandes 140c und 140d sind in Serie geschaltet. Von diesen Teilen ist ein Widerstand 140d über dem Hohlraumabschnitt 121 angeordnet.

Es wird darauf hingewiesen, daß ähnlich wie in der ersten Ausführungsform jeder Widerstand aus einem Material gebildet ist, für das Phosphor-Fremdatome in das polykristalline Silicium diffundiert sind. Der stromaufseitige Heizwiderstand 140a und der stromabseitige Heizwiderstand 140b sind in dem im monokristallinen Siliciumsubstrat 110 gebildeten Hohlraumabschnitt 121 ausgebildet. Andererseits ist der Teil 140d des Lufttemperatur-Meßwiderstandes 140c an einer Position angeordnet, an der er durch die von den Heizwiderständen 140a und 140b erzeugte Wärme beeinflusst wird.

An dem Endabschnitt des Elements 110 sind die Anschlußelektroden 160a bis 160g ausgebildet. Ein Ende des stromaufseitigen Heizwiderstandes 140a ist mit der Anschlußelektrode 160e durch den Leitungsdraht 150e verbunden. Ein Ende des stromabseitigen Heizwiderstandes 140b ist mit der Anschlußelektrode 160f des Leitungsdrahts 150f verbunden. Die Verbindungsstelle 170 zwischen dem stromaufseitigen Heizwiderstand 140a und dem stromabseitigen Heizwiderstand 140b ist mit der Anschlußelektrode 160g durch den Leitungsdraht 150g verbunden. Andererseits sind beide Enden des Lufttemperatur-Meßwiderstandes 140c mit den Anschlußelektroden 160b und 160c durch die Leitungsdrähte 150b bzw. 150c verbunden. Ein Ende eines Lufttemperatur-Meßwiderstandes 140d ist mit den Anschlußelektroden 160a bzw. 160d über die Leitungsdrähte 150a bzw. 150d verbunden. Die von den Anschlußelektroden 160 verschiedenen Abschnitte sind durch die Schutzschicht 180 bedeckt.

Die Querschnittsstruktur und der Herstellungsprozeß des Elements 110 sowie die Konstruktion des thermischen Luftdurchflußmengensensors 100 sind ähnlich wie in der ersten Ausführungsform der Erfindung. Daher wird eine nochmalige Beschreibung weggelassen, um die Offenbarung der Erfindung zu vereinfachen und ihr Verständnis zu erleichtern. Ebenso sind das Prinzip der Erfassung der Luftdurchflußmenge und das Prinzip der Erfassung der Strömungsrichtung der Ansaugluft ähnlich denen der ersten Ausführungsform. Daher wird eine nochmalige Beschreibung dieser Prinzipien weggelassen, um die Offenbarung der Erfindung zu vereinfachen und ihr Verständnis zu erleichtern.

Nun wird anhand der zweiten Ausführungsform der Erfindung das Verfahren zum Korrigieren der Eigenschaftsänderungen bei einer Anhaftung oder einer Ablagerung von Schmutzsubstanzen auf der Oberfläche des thermischen Luftdurchflußmengensensors beschrieben. Der Lufttemperatur-Meßwiderstand 140c ist ähnlich wie im Fall der ersten Ausführungsform außerhalb der Membran angeordnet, wie in Fig. 8 gezeigt ist, und bildet zusammen mit den Heizwiderständen die Brückenschaltung.

Wie in Fig. 10 gezeigt ist, ist in der zweiten Ausführungsform der Teil 140d des Lufttemperatur-Meßwiderstandes an einer Position angeordnet, an der er durch die Wärme der Heizwiderstände 140a und 140b beeinflusst wird, die auf eine Temperatur in der Nähe einer vorgegebenen Temperatur ΔT_h (z. B. ungefähr 150°C) erhitzt werden. Hierbei kann ähnlich wie in der ersten Ausführungsform auch eine Selbsterwärmung stattfinden. Im Vergleich zu der Erwärmung durch die Heizwiderstände 140a und 140b kann jedoch die Selbsterwärmung vernachlässigt werden.

Die Erwärmung des Teils 140d des Lufttemperatur-Meßwiderstandes durch die Heizwiderstände 140a und 140b ist zu dem Heizwert der Heizwiderstände 140a und 140b proportional. Wenn sich daher die Wärmeleitung und die Wärmeübertragung der Heizwiderstände 140a und 140b aufgrund des Anhaftens oder der Ablagerung ändern, ändert sich der Heizwert, den der Teil 140d des Lufttemperatur-Meßwiderstandes von den Heizwiderständen 140a und 140b aufnimmt, in ähnlicher Weise.

Wie in Fig. 10 gezeigt ist, sind beide Enden des Teils 140d des Lufttemperatur-Meßwiderstandes mit den Elektroden 160a und 160d durch die Leitungsdrähte 150a und 150d verbunden, wodurch eine Änderung der Spannung aufgrund einer Änderung der Eigenschaften, die durch eine Ablagerung oder Anhaftung von Schmutzsubstanzen bedingt ist, verursacht wird. 5

Durch Verwenden der Potentialdifferenz V_r ähnlich wie in der ersten Ausführungsform kann ein Ausgangssignal erhalten werden, bei dem die Änderung der Wärmeleitung und der Wärmeübertragung aufgrund von Ablagerungen von Schmutzsubstanzen mittels des in den Fig. 8 und 9 gezeigten Verfahrens korrigiert ist. 10

In der Erfindung wie oben beschrieben ist es möglich, eine Änderung der Eigenschaften des Ausgangs des thermischen Luftdurchflußmengensensors, die durch eine Anhaftung oder Ablagerung von Schmutzsubstanzen auf der Oberfläche des thermischen Luftdurchflußmengensensorelements bedingt ist, zu vermeiden, so daß stets die anfängliche Genauigkeit des thermischen Luftdurchflußmengensensors beibehalten werden kann. Andererseits ermöglicht das Korrekturverfahren, die Eigenschaftsänderung einschließlich eines Fehlers der Eigenschaften, der durch eine Änderung der Ansauglufttemperatur bedingt ist, zu korrigieren. 15 20 25

Obwohl die Erfindung anhand beispielhafter Ausführungen erläutert und beschrieben worden ist, kann der Fachmann selbstverständlich viele verschiedene Änderungen, Weglassungen und Hinzufügungen vornehmen, ohne vom Erfindungsgedanken und vom Umfang der Erfindung abzuweichen. Daher ist die Erfindung nicht auf die beschriebenen spezifischen Ausführungsformen eingeschränkt, sondern umfaßt alle möglichen Ausführungsformen innerhalb des Umfangs der Erfindung, der durch den Äquivalenzbereich der beigefügten Ansprüche definiert ist. 30 35

Patentansprüche

1. Thermischer Luftdurchflußmengensensor zum Messen einer Luftdurchflußmenge unter Verwendung eines Heizwiderstandes (140a, 140b) und eines Temperaturmeßwiderstandes (140c) zum Messen einer Lufttemperatur, **gekennzeichnet durch** ein Halbleitersubstrat (20), wovon ein Teil entfernt ist, um im Substrat einen Hohlraum (121) zu definieren, wobei der Heizwiderstand (140a, 140b) und ein Abschnitt (140d) des Temperaturmeßwiderstandes (140c) über eine elektrisch isolierende Schicht (130) über dem Raum (121) angeordnet sind, während der verbleibende Abschnitt des Temperaturmeßwiderstandes (140c) auf dem Halbleitersubstrat (20) an einem von dem Hohlraum (121) beabstandeten Ort ausgebildet ist, und eine Einrichtung zum Korrigieren eines Luftdurchflußmengen-Meßfehlers auf der Grundlage einer Spannung über dem über dem Hohlraum (121) befindlichen Abschnitt (140d) des Temperaturmeßwiderstandes (140c). 40 45 50 55
2. Thermischer Luftdurchflußmengensensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der über dem Hohlraum (121) befindliche Abschnitt (140d) des Temperaturmeßwiderstandes (140c) an einer Position angeordnet ist, an der er durch den Heizwiderstand (140a, 140b) erwärmt wird. 60
3. Thermischer Luftdurchflußmengensensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrisch isolierende Schicht (130) in Form eines Films ausgebildet ist. 65
4. Thermischer Luftdurchflußmengensensor nach An-

spruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrisch isolierende Schicht (130) in Form eines Films ausgebildet ist.

5. Thermischer Luftdurchflußmengensensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Abschnitt (140d) des Temperaturmeßwiderstandes (140c) ausgehend vom Halbleitersubstrat (20) über den Hohlraum (121) übersteht.

6. Thermischer Luftdurchflußmengensensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein Abschnitt (140d) des Temperaturmeßwiderstandes (140c) ausgehend von dem Halbleitersubstrat (20) über den Hohlraum (121) übersteht.

7. Thermischer Luftdurchflußmengensensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Temperaturmeßwiderstand durch eine Serienschaltung mehrerer Widerstände (140c, 140d) gebildet ist, wovon sich einer über dem Hohlraum (121) befindet.

8. Thermischer Luftdurchflußmengensensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Temperaturmeßwiderstand durch eine Serienschaltung mehrerer Widerstände (140c, 140d) gebildet ist, wovon sich einer über dem Hohlraum (121) befindet.

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG. 1

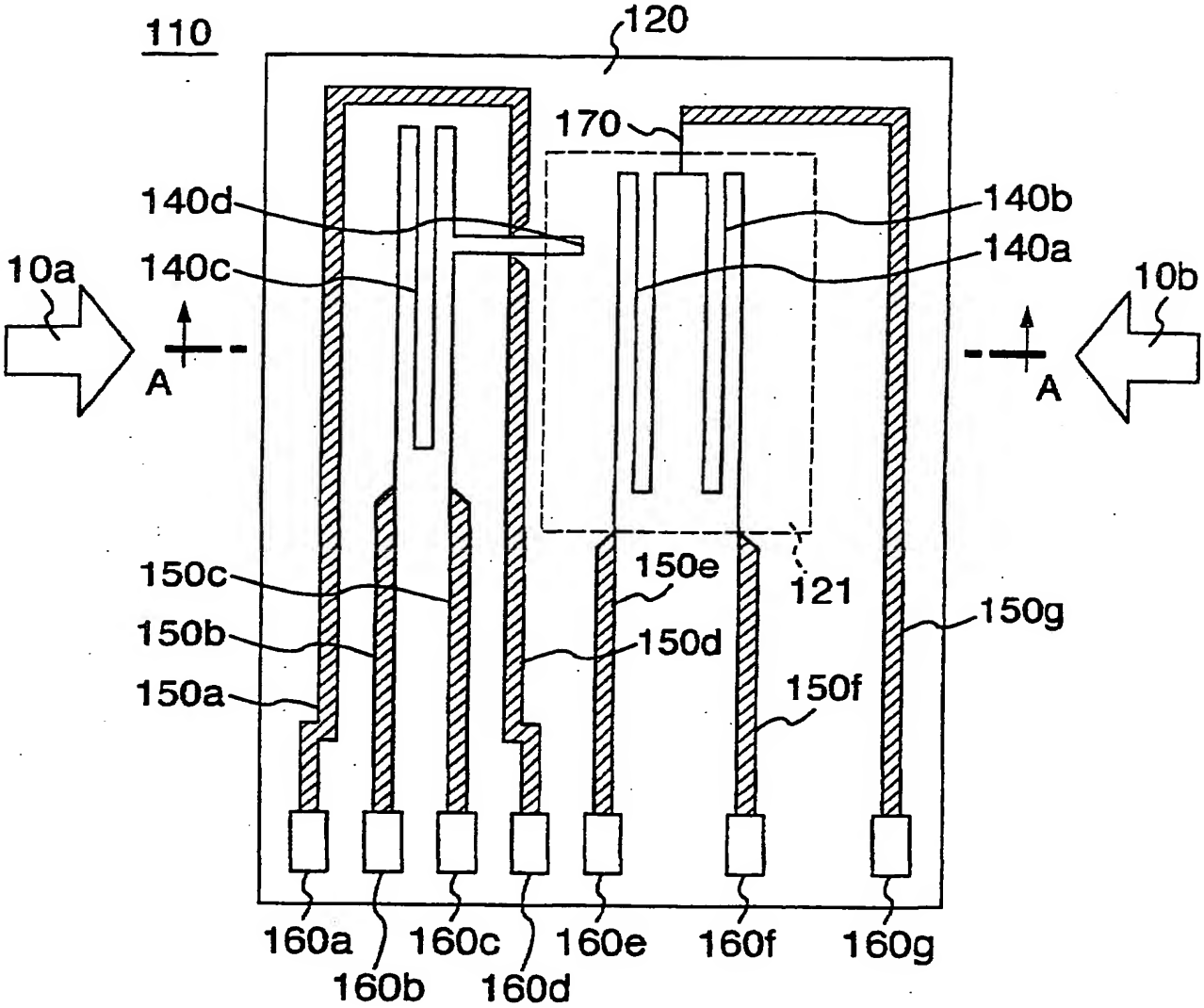


FIG. 2

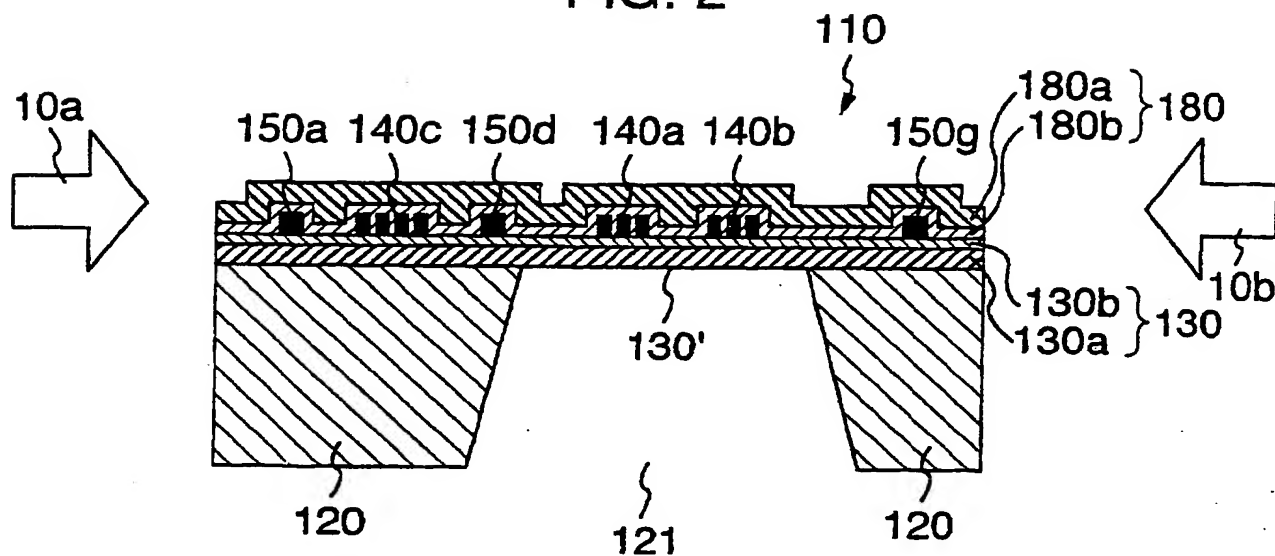


FIG. 3

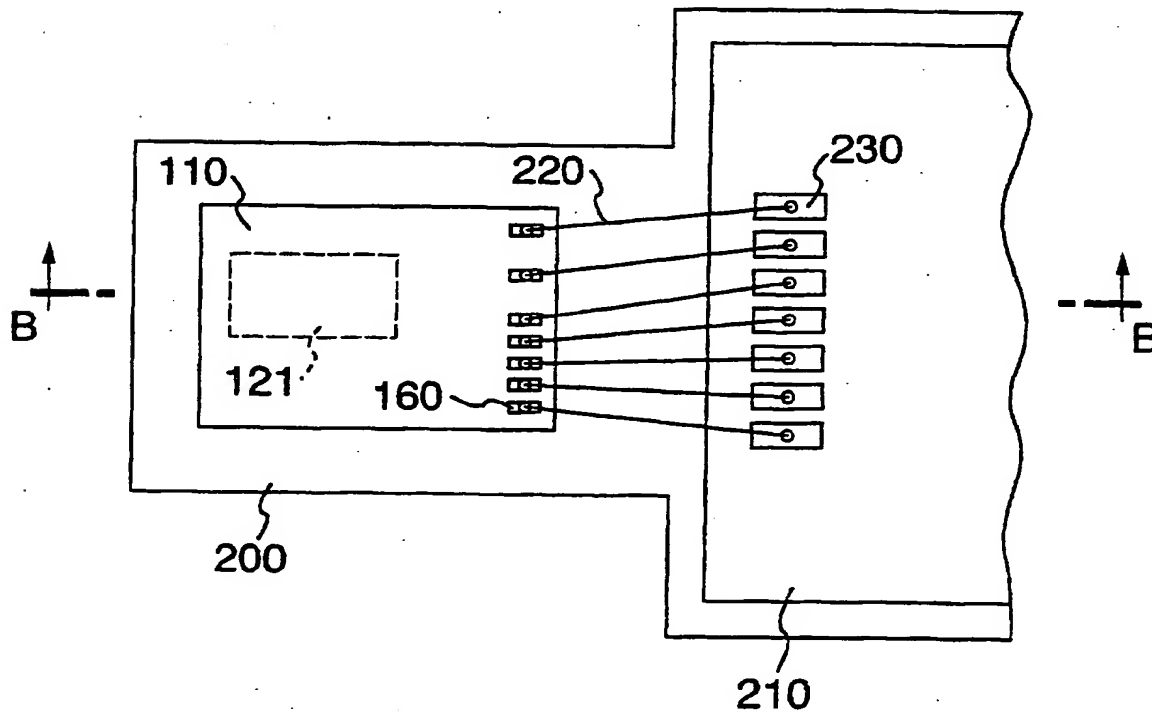


FIG. 4

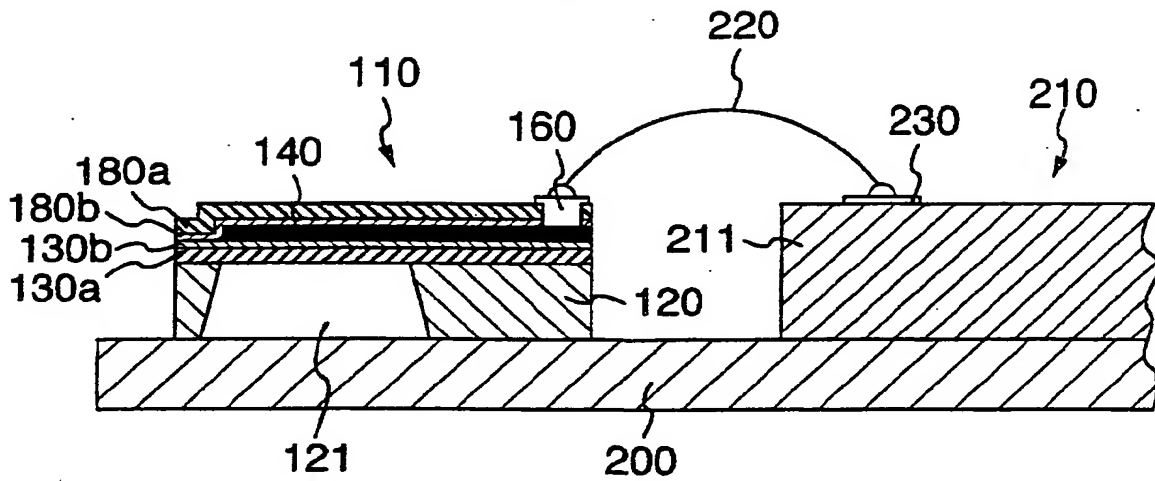


FIG. 5

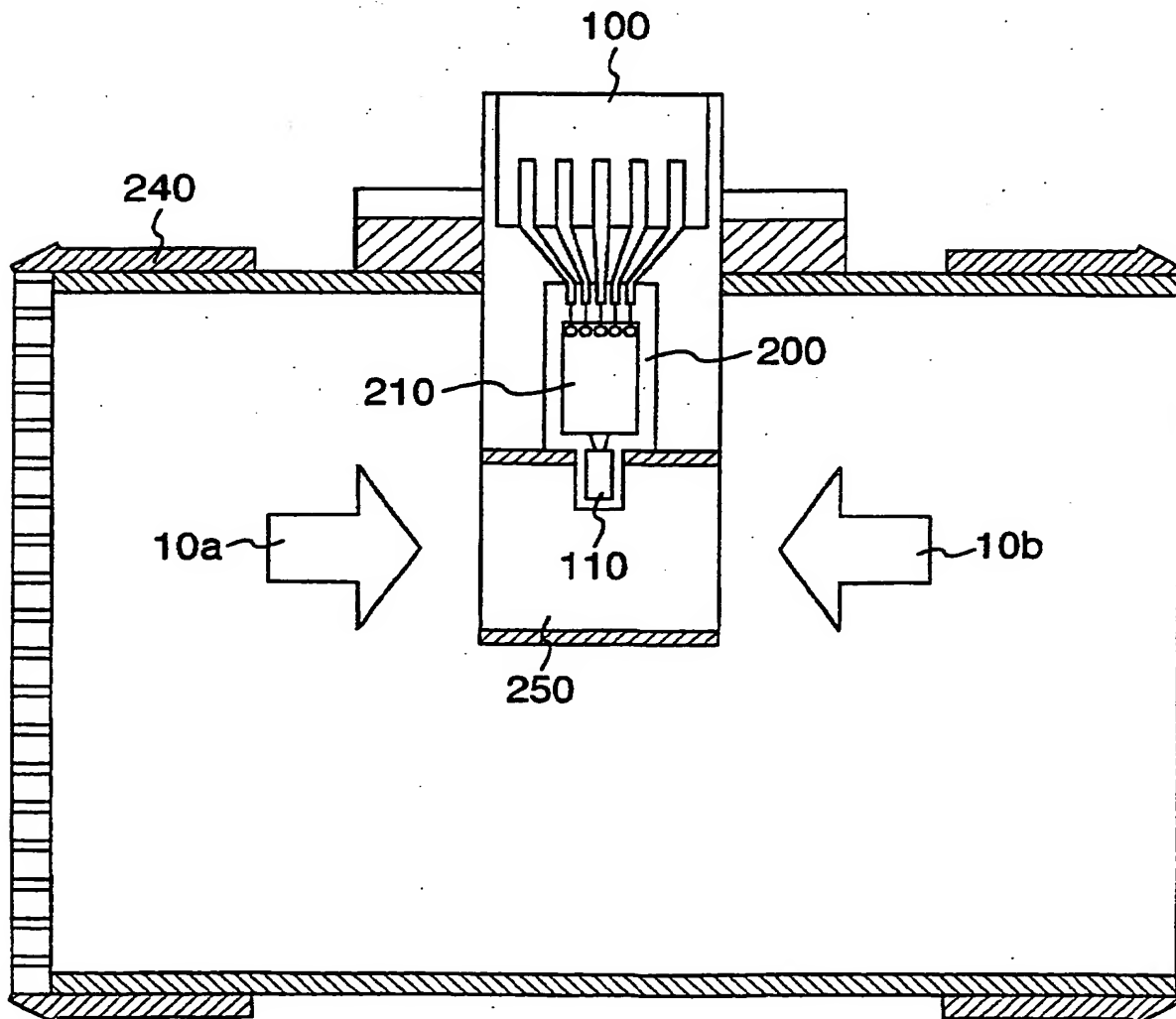


FIG. 6

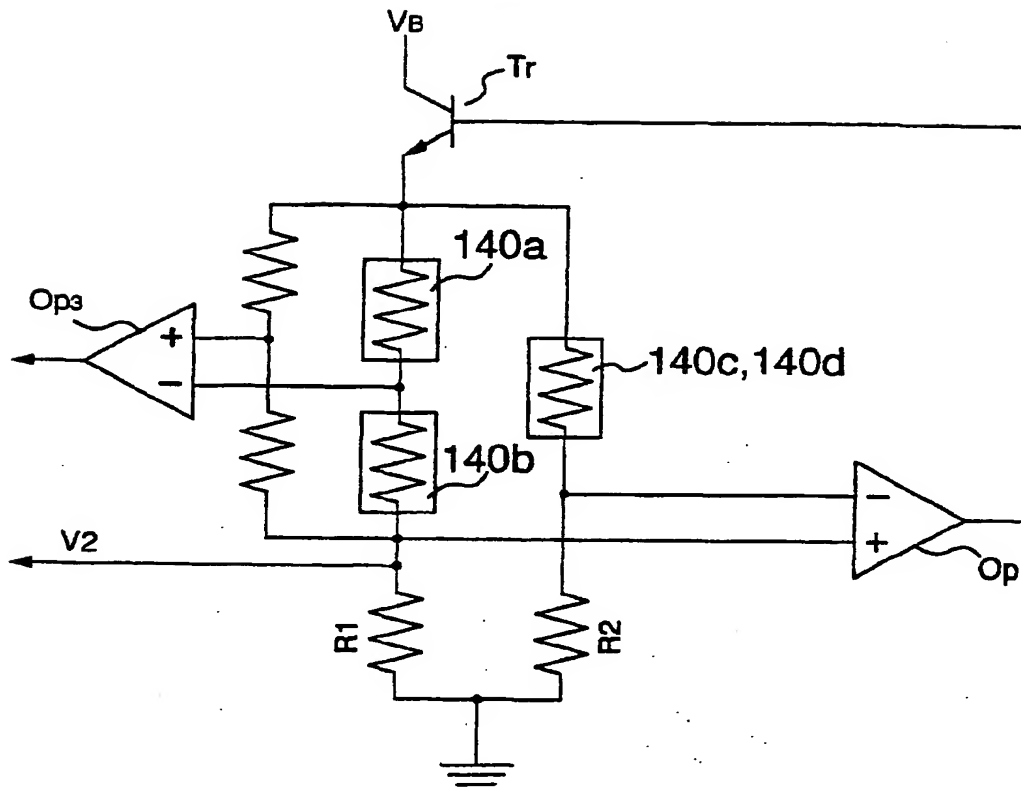


FIG. 7

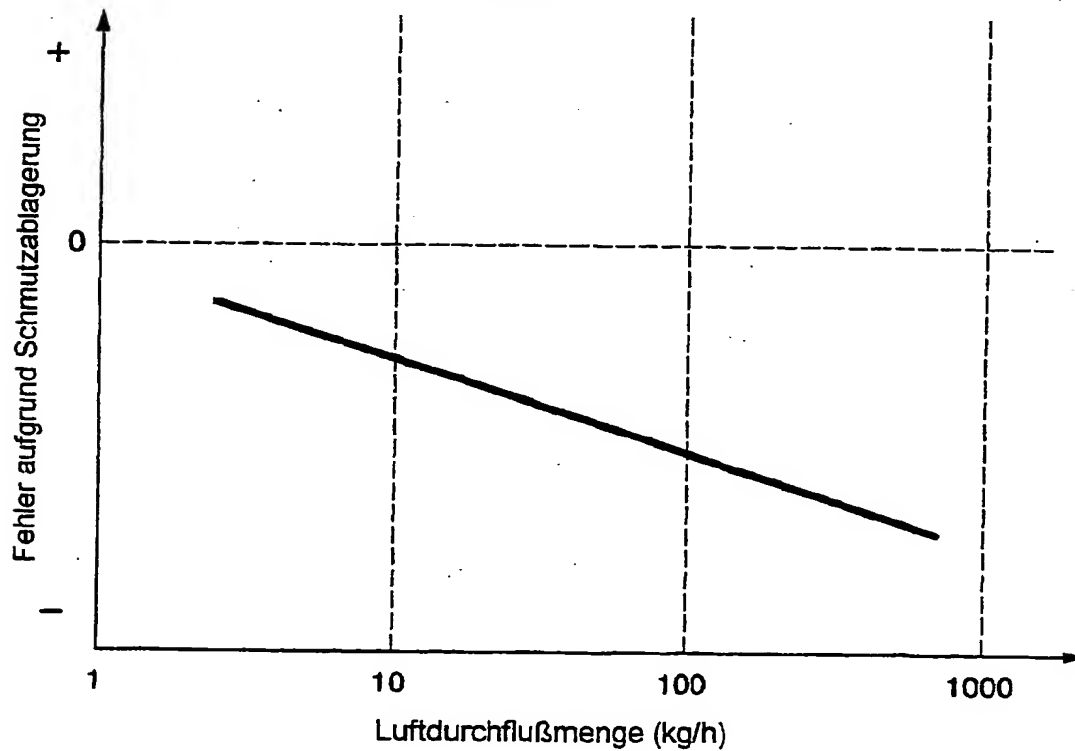


FIG. 8

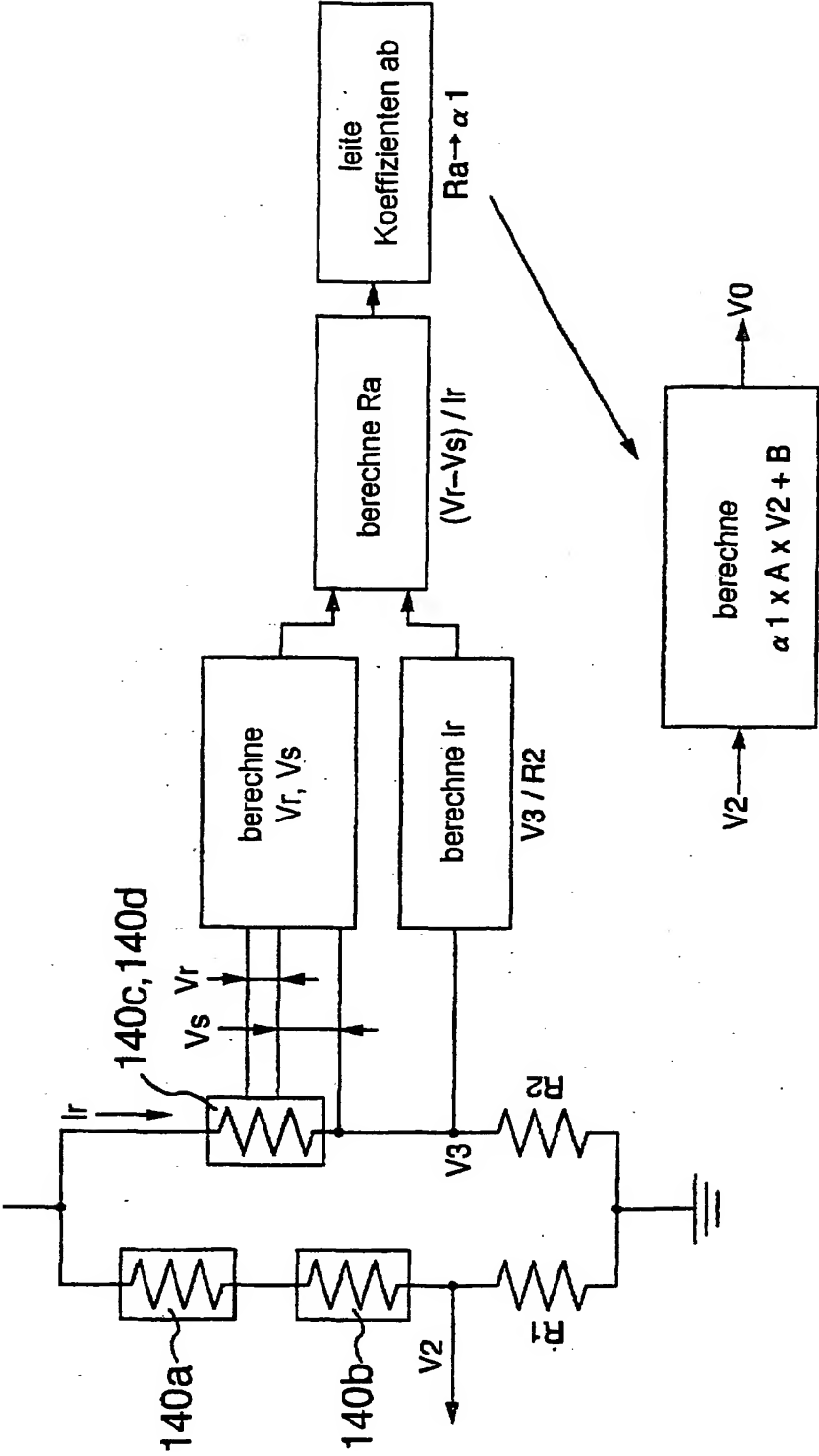


FIG. 9

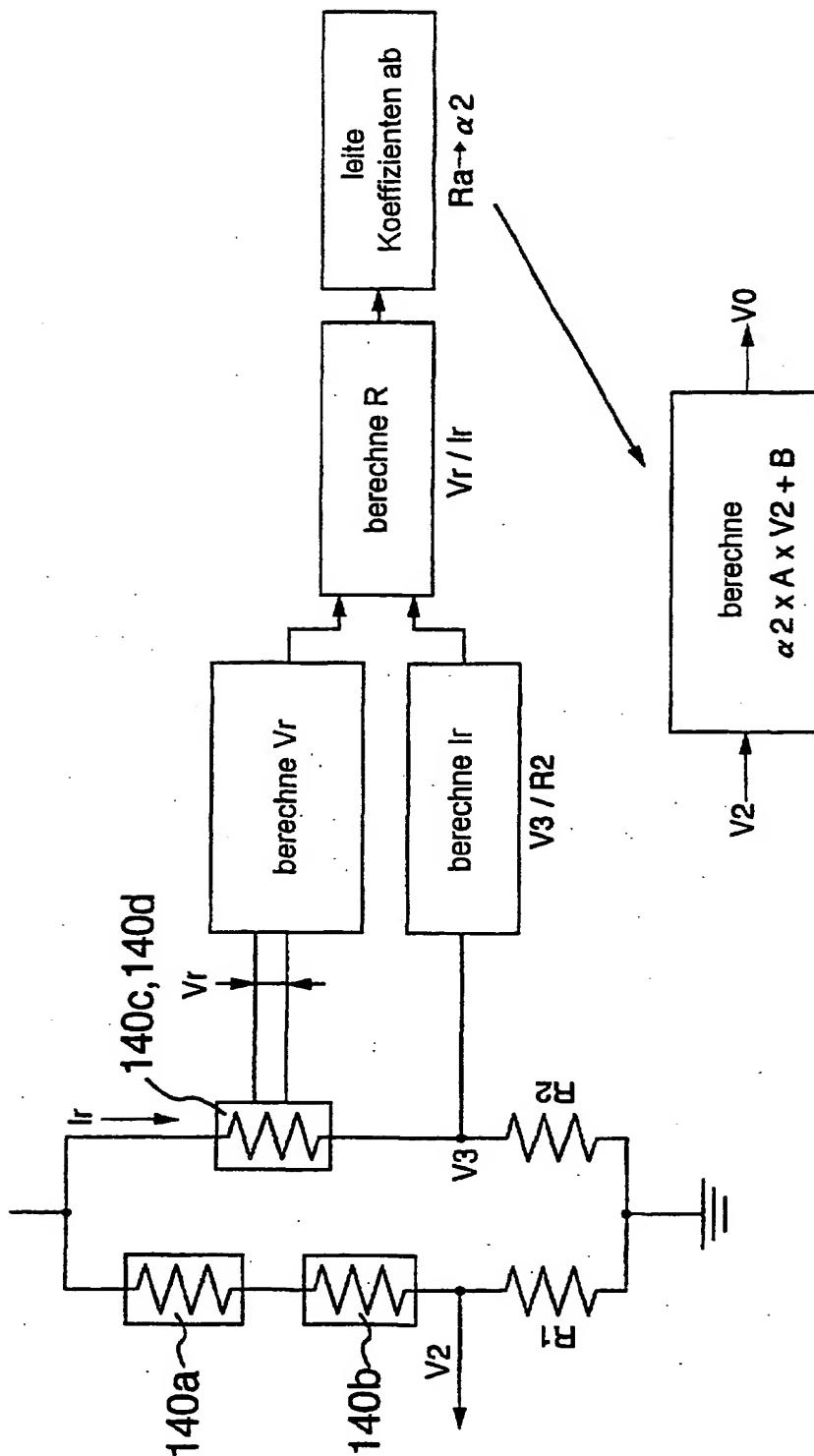


FIG. 10

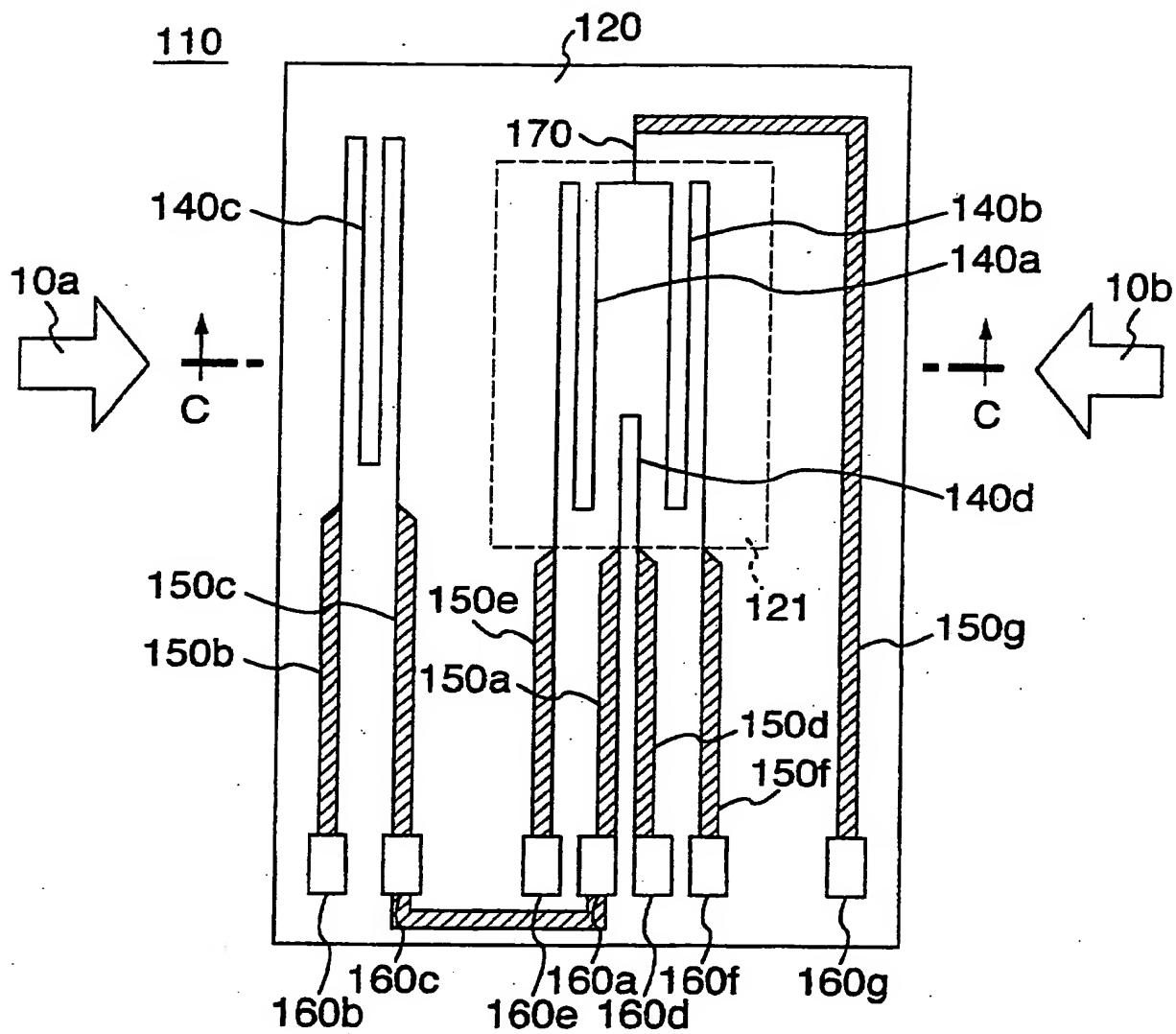


FIG. 11

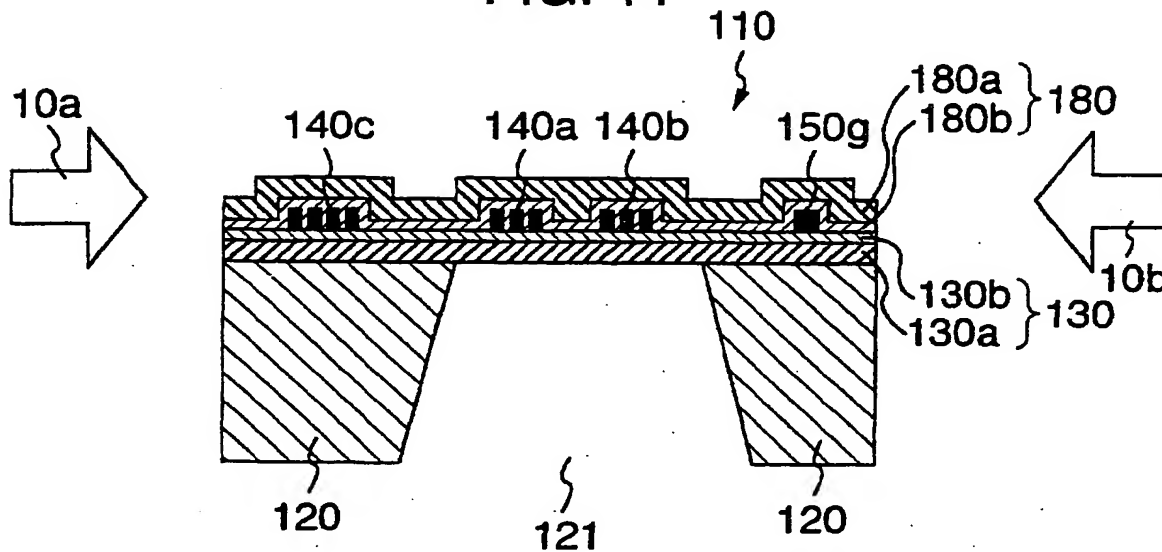


FIG. 12A

Stand der Technik

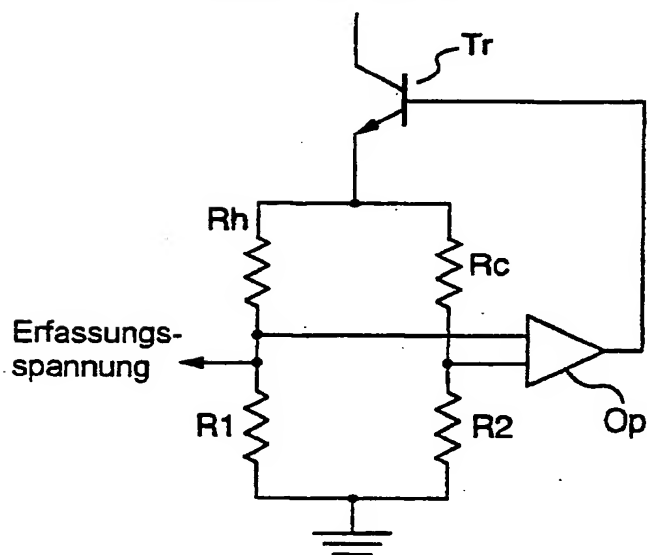


FIG. 12B

Stand der Technik

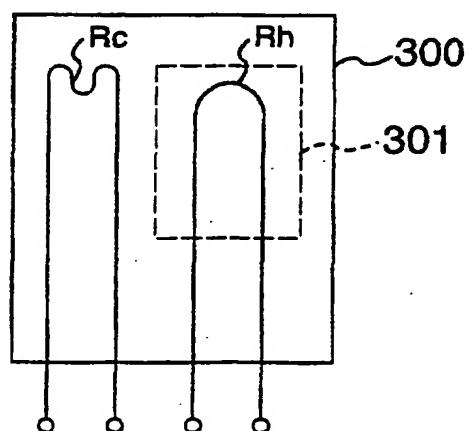


FIG. 13A
Stand der Technik

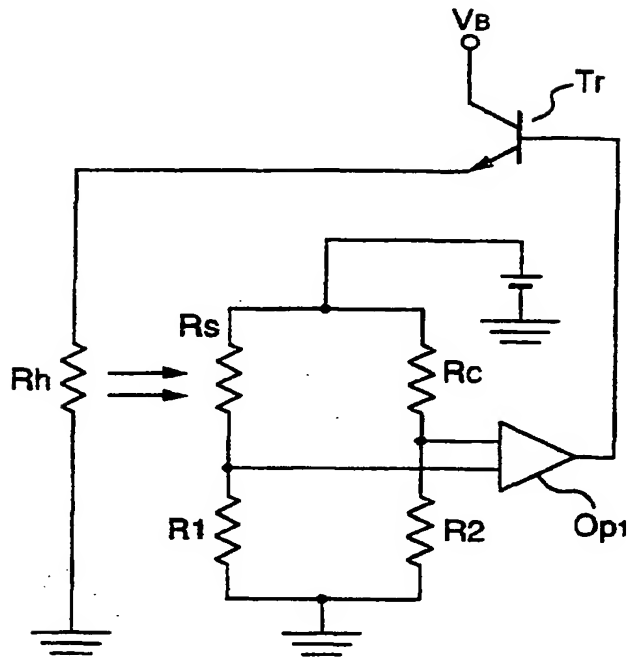


FIG. 13B
Stand der Technik

